

УДК 622.324

Повышение эффективности использования природного газа за счет совершенствования систем газораспределения

Левков К.Л.

Научный руководитель Романюк В.Н. к.т.н, профессор

В мире с каждым годом увеличивается понимание необходимости более рационального использования энергоресурсов, снижение нагрузки на окружающую среду, в том числе, и за счет утилизации вторичных энергетических ресурсов. В данной работе рассматривается возможность использования избыточного давления природного газа (ПГ) в ходе процессов понижения его давления до значений, требуемых потребителю. Давление ПГ сначала снижается на газораспределительных станциях с 3,5 – 7,5 МПа до 0,3 – 1,2 МПа, затем на газораспределительных пунктах до 0,005 – 0,6 МПа. Для понижения давления потоков традиционно применяют дросселирование, при этом происходит диссипация потенциальной энергии, связанной с избыточным давлением газа. Такое положение оправдано в условиях, с одной стороны, наличия дешевой энергии, с другой стороны, при отсутствии недорогих и надежных машин, систем автоматического управления, обеспечивающих безусловное протекание процесса, в котором снижение давления, являющееся целевым эффектом, сопровождается побочным эффектом — энергообменом с внешними объектами в форме технической работы.

Сегодня ситуация изменилась в нужном направлении и на рынках энергоресурсов, и в отношении комплекса факторов, от которых зависит возможность надежной эксплуатации устройств, обеспечивающих снижение давления газового потока с одновременным блокированием рассеяния энергии среды, находящейся при избыточном давлении. Основным оборудованием таких устройств являются машины, в которых давление газа уменьшается, как правило, в процессе адиабатного расширения. Это, прежде всего, турбомашин, которые в контексте целей их использования являются утилизационными турбинами. Одним из первых и успешных примеров подобного их применения в 60-е годы XX века явилась установка на домне №4 Череповецкого металлургического завода комплекса ГУБТ-10, мощностью 10 МВт, предназначенного для снижения давления доменного газа от начального давления 5 ат до давления, требуемого для транспортировки газа до горелочных устройств огнетехнических установок и одновременного получения работы, используемой для привода электрогенератора. Маркировка указанного устройства расшифровывается просто и понятно: «Газовая утилизационная бескомпрессорная турбина мощностью 10 МВт». Получение электроэнергии подобным способом снижает нагрузку на окружающую среду, поскольку на соответствующую величину уменьшает необходимость генерации этой формы энергии на тепловых электростанциях.

Наиболее массовое и перспективное применение подобных турбогенераторов связано с транспортировкой и обработкой природного газа на газораспределительных станциях и пунктах. Здесь такие утилизационные турбины, по недоразумению, получили название, пришедшее из холодильной техники, где целью их использования является охлаждение потока, а побочным эффектом — получение работы. В этом случае соответствующие устройства называются детандерами. В рассматриваемом случае понижение температуры газа, вызванное протеканием процесса адиабатного расширения, как раз приходится блокировать нагревом потока перед или (и) после реализации процесса.

В Республике Беларусь такие установки не производятся. Существует ряд производителей, изготавливающих турбодетандерные установки различной мощности. Например, в России ОАО «Криокор» (Москва) выпускает детандер-генераторные агрегаты ДГА-5000 и ДГА-2500, соответственно мощностью 5 и 2,5 МВт; АО «Турбохолод» предлагает агрегат АТД 8/5-3,2 мощностью 8,5 МВт. В Украине их производят ОДО «Турбогаз» (Харьков), «Мотор Сич» (Запорожье) и др.

В странах западной Европы такие установки выпускают «Atlas Copco» (Бельгия), «ABB Turbienen» (Нидерланды), «Test Alpine Linz» (Австрия), в Северной Америке — «San-Diego and Electric» (США), в Израиле — «Ormat» и т.д.

Установки, мощность которых составляет несколько мегаватт, применяются в системах газообеспечения крупных объектов с непрерывным, большим, на уровне одного миллиона кубометров, часовым потреблением газа. В Республики Беларусь существует ограниченное число таких объектов: крупные города, крупные тепловые электрические станции, большие заводы. В настоящее время в Республики Беларусь эксплуатируются подобные установки на Лукомльской ГРЭС (5+2,5 МВт) и Минской ТЭЦ-4 (2 по 2,5 МВт).

Для расширения круга объектов, допускающих утилизацию энергии сжатого газа, необходимы установки малой мощности, предназначенные для работы на ГРС и ГРП с малыми расходами газа.

Некоторые варианты подобных установок приведены ниже:

1. Детандер-генераторная установка ДГУ-8-380-Т-У1 мощностью 8 кВт при частоте вращения 3000 об/мин предназначена для автономного электроснабжения ГРС выпускается харьковским ОДО «Турбогаз».

2. Турбогенератор типа ТСКЗ, производимый НПП «Газэлектроприбор» г. Харьков мощностью 1-30 кВт, предназначен для автономного электроснабжения ГРП, станций катодной защиты трубопроводов, систем автоматики (рисунок 1). Турбогенератор состоит из герметичной капсулы, внутри которой на валу генератора установлена одноступенчатая турбина. Агрегат устанавливается параллельно регулятору давления газа.

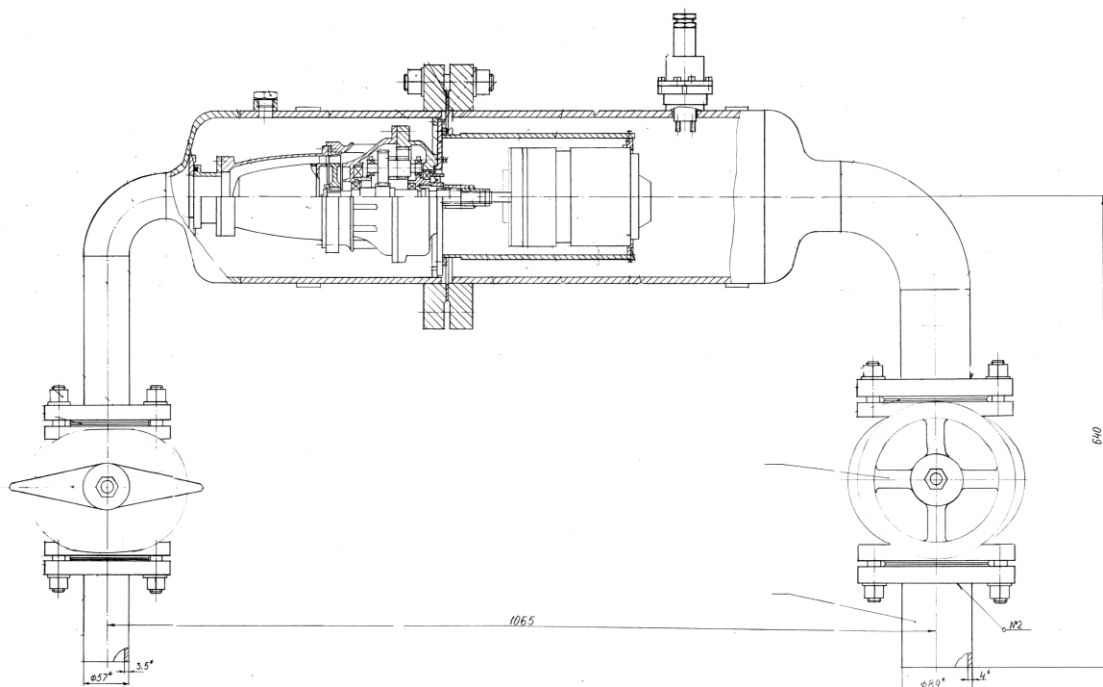


Рисунок 1 – Турбогенератор типа ТСКЗ

3. Чешская компания «Gascontrol» выпускает установки мощностью 11-15 кВт, вплоть до 100 Вт аналогичной конструкции.

4. Турбодетандерные установка типа ПЭГА мощностью 100 -600 кВт, разработанные фирмой «Автогазсистема-Бис» (Россия), применяются для производства холода для промышленных холодильников.

В результате преобразования энергии сжатого газа в работу в ходе адиабатного расширения происходит снижение температуры газа: порядка 10°C на шаг ступени снижения давления в 0,1 МПа. При низкой температуре некоторые компоненты, составляющие смесь «природный газ» изменяют свое содержание в потоке газа, а избыточное количество в ином агрегатном состоянии выделяется в поток. При охлаждении ниже температуры точки росы избыточная влага выделяется в жидкой или твердой фазах. Тяжелые углеводороды, например, пропан-бутановые фракции, в соответствии с изотермой равновесия частично переходят в жидкое состояние. В результате образуется смесь подобие снежной массы, которая негативно воздействует на проточную часть турбины, с одной стороны, увеличивает необратимые потери изменяя геометрические характеристики направляющего аппарата, с другой — снижает надежность работы установки из-за возможности ускоренного разрушения рабочих лопаток. Кроме того, по нормам, природный газ должен поступать потребителю с температурой не ниже $+5^{\circ}\text{C}$. Поэтому его необходимо подогревать до или после турбогенератора, о чем говорилось выше. В существующих утилизационных турбоустановках газ либо не подогревается, что связано с небольшим теплоперепадом, срабатываемом в них, либо подогревается водой с температурой $70 - 130^{\circ}\text{C}$. Нагрев природного газа, в свою очередь, зависит от срабатываемого теплоперепада и начальной температуры потока газа. В последнем случае могут возникнуть проблемы с обеспечением установки требуемым теплоносителем.

Для устранения этих недостатков целесообразно рассмотреть возможность применения многоступенчатого расширения потока газа с промежуточным подводом теплоты после каждой ступени, что, с одной стороны, приближает процесс к изотермическому, с другой — увеличивает работу процесса. При этом тепловой перепад, срабатываемый на каждой ступени снижается пропорционально числу ступеней расширения, в связи с чем снижается и теплота, требуемая для возврата температуры потока газа к начальному значению после расширения в каждой ступени, что позволяет рассмотреть использование в тех же теплообменниках более доступного теплоносителя, например, использование оборотной воды и пр. Очевидно, что стоимость и площадь для размещения оказывается такой установки в несколько раз больше простейшей установки с одноступенчатой схемой, что оказывается малопривлекательным.

Многоступенчатая схема с несколькими расширительными машинами и теплообменниками возможна, но ее необходимо реализовывать с учетом указанных ограничений. Подобным образом поступили в концерне «Atlas Copco», где создали турбодетандерную установку производительностью от 0,5 до 20 тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$. В ней от 2-х до 6-ти радиальных высокооборотных ступеней расширения вращают общий вал редуктора и далее генератор. Подогрев газа осуществляется после каждой ступени в выносных теплообменниках.

Для Республики Беларусь следует рассмотреть возможность внедрения подобных установок малой мощности, ежегодный энергосберегающий потенциал которых эквивалентен расходу до 400 млн. кубометров природного газа, требуемого на выработку до 1,5 млрд. киловатт-часов электроэнергии. Это эквивалентно 80 миллионам долларов США при цене $\$210$ за тысячу куб. метров природного газа,

которая установлена Республике Беларусь в 2009 году. В этой связи возникает задача разработки и создания компактной, тихоходной, многоступенчатой турбины, снимающей обозначенные выше проблемы. Разработка такого варианта многоступенчатой турбины ведется в Белорусском национальном техническом университете.

Репозиторий БНТУ